

# No title available

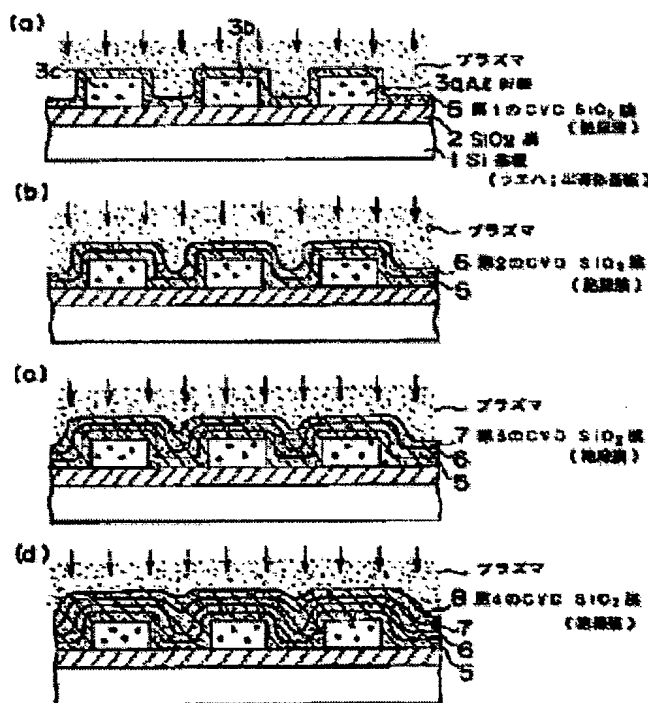
**Patent number:** JP5335242  
**Publication date:** 1993-12-17  
**Inventor:** MAEDA KAZUO; TOKUMASU TOKU; NISHIMOTO HIROKO  
**Applicant:** HANDOTAI PROCESS KENKYUSHO KK; ALCAN TECH CO INC; CANON SALES CO INC  
**Classification:**  
 - international: **H01L21/205; H01L21/02;** (IPC1-7): H01L21/205  
 - european:  
**Application number:** JP19920142504 19920603  
**Priority number(s):** JP19920142504 19920603

Report a data error here

## Abstract of JP5335242

**PURPOSE:**To improve quality of an insulating film formed by a thermal CVD method at a low temperature by forming the film on an element to be formed by a chemical vapor deposition method, then raising a temperature of the element to be formed, and then exposing it with plasma gas of ammonia.

**CONSTITUTION:**After an SiO<sub>2</sub> film 2 is formed on an Si substrate 1, Al wirings 3a-3c are formed as elements to be formed. Then, a CVD unit is used, and a first CVD film SiO<sub>2</sub> film (insulating film) 5 having a thickness of about 2000Angstrom is formed with TEOS/O<sub>3</sub> mixture gas. Thereafter, the film 5 is exposed with plasma ammonia gas at 400 deg.C of a wafer temperature for one min. In this case, since the film 5 is sufficiently thin, its quality is improved in the entire film. Then, a second CVD SiO<sub>2</sub> film 6 is formed, similarly plasma-processed, a third CVD SiO<sub>2</sub> film 7 is formed, plasma-processed, a fourth CVD SiO<sub>2</sub> film 8 is formed, and plasma-processed. In this case, quality of the entire film thickness are improved.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平5-335242

(43) 公開日 平成5年(1993)12月17日

(51) Int. Cl. <sup>5</sup>

識別記号

F I

H01L 21/205

審査請求 有 請求項の数 9 (全10頁)

(21) 出願番号 特願平4-142504

(22) 出願日 平成4年(1992)6月3日

(71) 出願人 391007873  
株式会社半導体プロセス研究所  
東京都港区港南2-13-29  
(71) 出願人 391045989  
アルキヤンテック株式会社  
東京都港区港南2丁目13番29号  
(71) 出願人 390002761  
キヤノン販売株式会社  
東京都港区三田3丁目11番28号  
(72) 発明者 前田 和夫  
東京都港区港南2-13-29 株式会社半導体プロセス研究所内  
(74) 代理人 弁理士 岡本 啓三

最終頁に続く

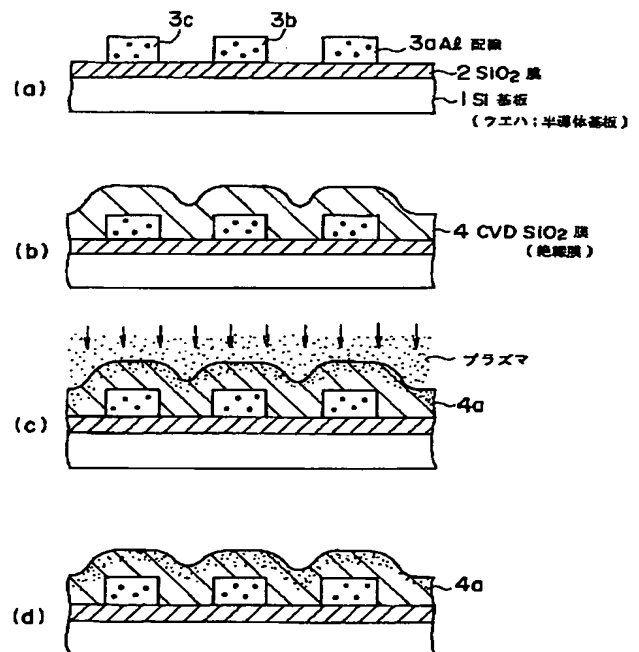
(54) 【発明の名称】 半導体装置の製造方法

(57) 【要約】

【目的】 本発明は、低温CVD法により形成された絶縁膜の改質方法を含む半導体装置の製造方法に関し、低温の熱的CVD法により形成された絶縁膜の膜質の改良を行うことができる半導体装置の製造方法の提供を目的とする。

【構成】 化学気相成長法により被形成体上に絶縁膜4を形成した後、該被形成体の温度を上げてアンモニア (NH<sub>3</sub>) のプラズマガスに曝すことを含み構成する。

本発明の第1の実施例の製造方法について説明する断面図



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 化学気相成長法により被形成体上に絶縁膜を形成した後、該被形成体の温度を上げてアンモニア (NH<sub>3</sub>) のプラズマガスに曝すことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 2】 前記プラズマガスに曝している間、前記被形成体の温度が 350 ～ 450 ℃ の範囲にあることを特徴とする請求項 1 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 3】 前記絶縁膜が形成される化学気相成長法は、

反応ガス：モノシラン (SiH<sub>4</sub>) / 酸素 (O<sub>2</sub>) 混合ガス

温度：350 ～ 450 ℃

の条件により行われるものであることを特徴とする請求項 1 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 4】 前記絶縁膜が形成される化学気相成長法は、

反応ガス：有機シラン (TEOS) / オゾン (O<sub>3</sub>) 混合ガス

温度：350 ～ 450 ℃

の条件により行われるものであることを特徴とする請求項 1 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 5】 前記化学気相成長法により形成された絶縁膜は不純物がドーパされた絶縁膜であることを特徴とする請求項 1 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 6】 前記不純物がドーパされた絶縁膜は PSG 膜、BSG 膜或いは BPSG 膜のいずれかであることを特徴とする請求項 5 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 7】 前記化学気相成長法は常圧下で行われるものであることを特徴とする請求項 1 ～ 請求項 6 のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 8】 前記化学気相成長法は減圧下で行われるものであることを特徴とする請求項 1 ～ 請求項 6 のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 9】 請求項 1 記載の製造方法を 2 回以上繰り返し行うことにより前記被形成体上に絶縁膜を形成することを特徴とする半導体装置の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】 【目次】

- ・ 産業上の利用分野
- ・ 従来の技術
- ・ 発明が解決しようとする課題
- ・ 課題を解決するための手段
- ・ 作用 (図 3 ～ 図 7)
- ・ 実施例

## ① 本発明の第 1 の実施例

(イ) 本発明の実施例に用いられる CVD 装置 (第 9 図)

(ロ) 本発明の実施例に用いられるプラズマ処理装置 (第 8 図)

(ハ) 本発明の第 1 の実施例の層間絶縁膜の形成方法 (第 1 図)

## ② 本発明の第 2 の実施例 (第 2 図)

・ 発明の効果

## 【0002】

【産業上の利用分野】 本発明は、半導体装置の製造方法に関し、更に詳しく言えば、低温 CVD 法により形成された絶縁膜の改質方法を含む半導体装置の製造方法に関する。

## 10 【0003】

【従来の技術】 近年、CVD (Chemical Vapor Deposition) 法による絶縁膜の形成方法には多くの方式があるが、主として熱的 CVD 法、プラズマ CVD 法が用いられている。ところで、VLSI (Very Large Scale Integrated Circuit)、特に DRAM においては一層の微細化及び高密度化が要望されている。従って、絶縁膜をプラズマ CVD 法により形成するのは、ステップカバレッジが劣り、また形成された絶縁膜中にカーボン (C) 等不純物を含むため好ましくない。このため、微細化及び高密度化される DRAM の作成にはステップカバレッジの優れた熱的 CVD 法、特に熱的に他に影響を及ぼさないように低温で膜形成の可能な熱的 CVD 法の適用が注目されているが、更に膜質の改良が望まれている。

20

【0004】 従来、低温で膜形成の可能な熱的 CVD 法として次のような条件、

① 反応ガス：モノシラン (SiH<sub>4</sub>) / 酸素 (O<sub>2</sub>) 混合ガス、温度：350 ～ 450 ℃

② 反応ガス：有機シラン (TEOS) / オゾン (O<sub>3</sub>) 混合ガス、温度：350 ～ 450 ℃ で行う方法がある。これらはいずれも形成温度が低温であるため、熱歪みを抑制でき、周辺へ及ぼす影響が小さいので、Al 配線層上のパシベーション膜の形成等に用いられることが多い。

30

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、デバイスのデザインルールが 1 μm 以下の場合、層間絶縁膜などの膜質の善し悪しがデバイス特性に大きな影響を及ぼし、熱的 CVD 法により作成された層間絶縁膜にも新たに次のような問題が生じてきている。即ち、

① 形成された絶縁膜の密度が小さい

40

② 形成された絶縁膜中に水分 (H<sub>2</sub>O) や Si-OH のような結合を含んでいる

③ Si-H 等のような結合を含んでいる場合があるために、① 絶縁耐圧の低下

② リーク電流の増大

③ Al 膜等のコロージョン

等による信頼性にかかわる問題を引き起こすことがある。

【0006】 この問題を解決するためには、

① できるだけ高温下で膜形成を行う

50

② できるだけ成長速度を小さくして膜形成を行う

③TEOSを用いた方法では、濃度をできるだけ高める

④成膜後、できるかぎり高温で膜をアニールする等が行われる必要があるが、それぞれ限界がある。例えば、下部Al配線層を被覆する層間絶縁膜を形成する場合にはSi基板へのAlの拡散やヒロックの発生などの観点から温度を450℃以上にすることは望ましくない。また、量産性を確保するため成長速度を余り小さくできない。

【0007】本発明は、かかる従来の問題点を鑑みてなされたもので、低温の熱的CVD法により形成された絶縁膜の膜質の改良を行うことができる半導体装置の製造方法を提供することを目的とするものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記課題は、第1に、化学気相成長法により被形成体上に絶縁膜を形成した後、該被形成体の温度を上げてアンモニア(NH<sub>3</sub>)のプラズマガスに曝すことを特徴とする半導体装置の製造方法によって達成され、第2に、前記プラズマガスに曝している間、前記被形成体の温度が350～450℃の範囲にあることを特徴とする第1の発明に記載の半導体装置の製造方法によって達成され、第3に、前記絶縁膜が形成される化学気相成長法は、

反応ガス：モノシラン(SiH<sub>4</sub>)／酸素(O<sub>2</sub>)混合ガス

温度：350～450℃

の条件により行われるものであることを特徴とする第1の発明に記載の半導体装置の製造方法によって達成され、第4に、前記絶縁膜が形成される化学気相成長法は、

反応ガス：有機シラン(TEOS)／オゾン(O<sub>3</sub>)混合ガス

温度：350～450℃

の条件により行われるものであることを特徴とする第1の発明に記載の半導体装置の製造方法によって達成され、第5に、前記化学気相成長法により形成された絶縁膜は不純物がドーパされた絶縁膜であることを特徴とする第1の発明に記載の半導体装置の製造方法によって達成され、第6に、前記不純物がドーパされた絶縁膜はPSG膜、BSG膜或いはBPSG膜のいずれかであることを特徴とする第5の発明に記載の半導体装置の製造方法によって達成され、第7に、前記化学気相成長法は常圧下で行われるものであることを特徴とする第1～第6の発明のいずれかに記載の半導体装置の製造方法によって達成され、第8に、前記化学気相成長法は減圧下で行われるものであることを特徴とする第1～第6の発明のいずれかに記載の半導体装置の製造方法によって達成され、第9に、第1の発明に記載の製造方法を2回以上繰り返し行うことにより前記被形成体上に絶縁膜を形成することを特徴とする半導体装置の製造方法によって達成

される。

【0009】

【作用】本発明の作用について本願発明者の行った実験に基づいて説明する。図4(a)、(b)、図5(c)、図6(a)、(b)、図7(c)、(d)は本願発明者の行った実験結果である。また、図8(a)は、本願発明者の行った実験に用いたプラズマ処理装置の構成等を示す図である。

【0010】この実験に用いた試料は、図3(a)、

(b)に示すようにして作成された。即ち、図9に示すようなCVD装置により、

①反応ガス：有機シラン(TEOS)／オゾン(O<sub>3</sub>)混合ガス(O<sub>3</sub>濃度：5% in O<sub>2</sub>)

②ウエハ温度：400℃

③形成速度：800～1000Å/分

のような条件で、膜厚6000～8000ÅのCVD SiO<sub>2</sub>膜11を、Si基板(ウエハ)9上の、熱酸化により形成されたSiO<sub>2</sub>膜10の上に形成する(図3(a))。

【0011】次いで、このウエハ9を、例えば図8

(a)に示すような平行平板型のプラズマ処理装置のチャンバ12内のウエハ載置台16に載置した後、ヒータで加熱し、ウエハ温度を一定温度に保持し、続いて、アンモニア(NH<sub>3</sub>)ガスをガス導入口13からチャンバ12内に導入した後、RF電源18により周波数13.56MHzの電力を印加してアンモニアガスを活性化・プラズマ化し、所定の時間保持する。ここで、印加電力、プラズマ処理時間及びウエハ温度については以下に示すように種々の条件で行った。

【0012】①印加電力：100, 200, 300W

②プラズマ処理時間：1, 2, 5分

③ウエハ温度：200, 300, 400℃

次に、このようにして処理されたCVD SiO<sub>2</sub>膜11aについて、

①電気化学的方法による膜中の含有水分量の調査

②赤外吸収スペクトルによる膜の組成の調査

を行った。なお、比較のため、プラズマ処理を行わないCVD SiO<sub>2</sub>膜や熱酸化により形成された熱酸化膜についても同様に調査を行った。また、上記と同じCVD SiO<sub>2</sub>膜等についてアンモニアのプラズマガスの代わりに、酸素ガス又は窒素ガスのプラズマガスを用いて処理を行った場合についても同様に調査を行った。その結果を図7(d)に示す。

【0013】上記の2種類の調査の結果について、それぞれ図4(a)、(b)、図5(c)、及び図6

(a)、(b)、図7(c)、(d)に示す。最初に、電気化学的方法による膜中の含有水分量の調査結果について説明する。図4(a)はウエハ温度400℃、プラズマ処理時間1分一定の条件での印加電力に対する膜中の含有水分量(wt%)の変化について示すものであり、含有水分量はプラズマ処理を行わない試料と比較して半

分程度に減少している。

【0014】また、図4(b)はウエハ温度400℃、印加電力200W一定の条件でのプラズマ処理時間に対する膜中の含有水分量(wt%)の変化について示すものであり、含有水分量はプラズマ処理を行わない試料と比較して半分程度に減少している。

【0015】更に、図5(c)は印加電力200W、プラズマ処理時間1分一定の条件でのウエハ温度に対する膜中の含有水分量(wt%)の変化について示すものであり、含有水分量はプラズマ処理を行わない試料と比較して半分程度に減少している。

【0016】以上の結果によれば、プラズマ処理を行うことより水分含有量が減少しているため、CVD<sub>SiO<sub>2</sub></sub>膜11aはより緻密になっていると考えられる。次に、赤外吸収スペクトルによる膜の組成の調査結果について説明する。図6(a)は、プラズマ処理時間1分、ウエハ温度400℃一定の条件で、処理した試料についてのH<sub>2</sub>Oの存在を調査した結果で、波数(nm<sup>-1</sup>)に対する吸収度の変化を印加電力をパラメータとして表示している。なお、縦軸の吸収度は各パラメータに対応する各ラインについてそれぞれ任意にとってある。その結果によれば、プラズマ処理しないものは水分の結合等のない場合に相当する点線からはずれてピーク(膨らみ)を有するが、プラズマ処理を行ったものは、印加電力に関係なく、H<sub>2</sub>Oの結合を示すピークが消失している。

【0017】更に、図6(b)は、印加電力200W、ウエハ温度400℃一定の条件でプラズマ処理時間をパラメータとして処理した試料についてのH<sub>2</sub>Oの存在の調査結果を示すものである。その結果、プラズマ処理時間に関係なく、プラズマ処理を行ったものは、H<sub>2</sub>Oの結合を示すピークが消失している。

【0018】また、図7(c)は、印加電力200W、プラズマ処理時間1分一定の条件で、ウエハ温度をパラメータとして処理した試料についてのH<sub>2</sub>Oの存在の調査結果を示すものである。その結果、ウエハ温度が高くなるに従い、H<sub>2</sub>Oの結合を示すピークが次第に小さくなって消失している。

【0019】なお、図7(d)は、比較例として、上記と同じCVD<sub>SiO<sub>2</sub></sub>膜等についてアンモニアのプラズマガスの代わりに、酸素、窒素又はアルゴンのプラズマガスを用いて処理を行ったものであるが、プラズマ処理時間が長くなるに従い、H<sub>2</sub>Oの結合を示すピークが次第に小さくなっている。しかし、アンモニアのプラズマガスの場合と異なり、実験の範囲内ではプラズマ処理時間が最大の30分の場合にもそのピークが僅かに認められた。この結果により、アンモニアのプラズマガスの方が酸素、窒素又はアルゴンのプラズマガスよりも効果が大きいことが認められる。

【0020】以上の2種の異なる調査結果によれば、プラズマ処理を行うことにより、H<sub>2</sub>Oの結合が消失し、C

VDSiO<sub>2</sub>膜11aがより緻密になってくる。これは、プラズマ中の活性ラジカル粒子がCVD<sub>SiO<sub>2</sub></sub>膜11の表面に衝突することにより、また放電によって発生する紫外光によりCVD<sub>SiO<sub>2</sub></sub>膜11表面及び内部が照射を受けることにより、H<sub>2</sub>O等がCVD<sub>SiO<sub>2</sub></sub>膜11の外に排出されるためと考えられる。

【0021】以上のように、本発明のプラズマ処理によれば、水分(H<sub>2</sub>O)等の結合を消失させて、低温で形成されたCVD<sub>SiO<sub>2</sub></sub>膜11aの緻密性を増しているため、CVD<sub>SiO<sub>2</sub></sub>膜11aの内部から水分等の生成の原因になる要因を取り除くとともに、CVD<sub>SiO<sub>2</sub></sub>膜11aの外部からの水分等の浸入を防止することができる。

【0022】

【実施例】以下、図面を参照しながら本発明の実施例について説明する。

①本発明の製造方法の第1の実施例

図1(a)～(d)は本発明の第1の実施例の層間絶縁膜の形成方法を説明する断面図である。

【0023】また、図9は層間絶縁膜の形成に用いられるCVD装置、図8(a)は、本発明の第1の実施例に係る、図9のCVD装置により形成された層間絶縁膜のプラズマ処理に用いられるプラズマ処理装置の構成図である。

【0024】まず、このようなCVD装置及びプラズマ処理装置について説明する。

(イ)実施例に用いられるCVD装置

図9はTEOS/O<sub>2</sub>混合ガスを用いた熱的CVD法によりSiO<sub>2</sub>膜を形成するCVD装置である。

【0025】同図において、26はチャンバ、27はチャンバ26内に反応ガスを導入するための反応ガス導入口、28はチャンバ12内を減圧したり、処理済のガス等をチャンバ26から排出したりするための排気口、30は被形成体としてのウエハ1が載置され、ウエハ1を加熱するヒータが内蔵されているウエハ載置台、31は反応ガスをウエハ1上に降り注げるガスシャワーである。

【0026】また、32aは反応ガスをチャンバ26に送るガス配管で、オゾン(O<sub>3</sub>)ガスやTEOS溶液を含む窒素ガスその他を流すガス配管32b、32c、32e、32gが接続されている。32bは酸素(O<sub>2</sub>)ガス、又はオゾン発生装置33により形成されたオゾンガスを流すガス配管、32cはTEOS溶液を含む窒素(N<sub>2</sub>)ガスを流すガス配管、32eはTMPO又はTMOP(Tri Methyl Phosphate : PO(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>) ; 以下、TMPOと称す。)溶液を含む窒素ガスを流すガス配管、32gはTEB(Tri Ethyl Borate)溶液を含む窒素ガスを流すガス配管で、それぞれのガス配管32b、32c、32e、32gに、通流/停止を調整するバルブ35a～35c、35e、35gが設けられている。更に、32d、32f及び32hはそれぞれ窒素ガスをTEOS溶液、TMPO溶液及びTEB溶液に

送るガス配管で、それぞれのガス配管32d, 32f, 32hに、通流/停止を調整するバルブ35d, 35f, 35hが設けられている。

【0027】また、33はガス配管32bと接続されているオゾン発生装置、34a~34cはそれぞれTEOS溶液、TMPO溶液及びTEB溶液を加熱・保温するヒータ、36a~36dは酸素ガスやキャリアガスとしての窒素ガスの流量を調整するマスフローコントローラである。

【0028】なお、TMPO溶液はPSG（リンガラス）膜を形成する際に用いられ、TEB溶液はBSG（ボロンガラス）膜を形成する際に用いられ、更にBPSG（ボロン-リンガラス）膜を形成する際にはこれらの溶液が両方用いられる。

（ロ）実施例に用いられるプラズマ処理装置

また、図8（a）は平行平板型のプラズマ処理装置で、図中符号12はチャンバ、13は処理ガスとしてのアンモニア（NH<sub>3</sub>）ガスをチャンバ12内に導入するガス導入口、14はチャンバ12内を減圧したり、処理済等のガスを排出したりするための排気口、16はウエハ1を加熱するヒータが内蔵されたウエハ載置台、17はガスをプラズマ化するための一方の電極で、この電極17に接続されているRF電源18により、この電極17と、アースされているウエハ載置台16との間に交流の電圧を印加し、チャンバ12内に導入された処理ガスをプラズマ化する。

【0029】更に、図8（b）はバッチ処理が可能なホットウォール型の他のプラズマ処理装置で、図中符号19は石英管からなるチャンバ、20は処理ガスとしてのアンモニアガスをチャンバ19内に導入するガス導入口、21はチャンバ19内を減圧したり、処理済等のガスを排出したりするための排気口、23はガスをプラズマ化するための一対の放電用電極で、一方の電極に接続されているRF電源24により、一方の電極と、アースされている他方の電極との間に交流の電圧を印加し、チャンバ19内に導入された処理ガスをプラズマ化する。

（ハ）本発明の第1の実施例の層間絶縁膜の形成方法  
次に、図9のCVD装置と図8（a）のプラズマ処理装置とを用いて、半導体基板上に層間絶縁膜を形成する本発明の実施例について図1（a）～（d）を参照しながら説明する。

【0030】まず、図1（a）に示すように、Si基板（ウエハ：半導体基板）1上に熱酸化によりSiO<sub>2</sub>膜2を形成した後、SiO<sub>2</sub>膜2上にA1配線3a~3cを形成する。以上が被形成体を構成する。

【0031】次いで、図9のCVD装置のチャンバ26内のウエハ載置台30にウエハ1を載置した後、ウエハ1をヒータにより加熱し、温度約400℃に保持するとともに、バルブ35a, 35bを開放して酸素ガスをオゾン発生器33に通流させ、マスフローコントローラ36aを調整しながら、酸素ガス中のオゾンガス濃度が約1%にな

るようにしてガス配管32に導く。また、このとき同時にバルブ35c, 35dを開放し、マスフローコントローラ36bを調整しながら、TEOS溶液を含む所定の流量の窒素ガスをガス配管32に導く。更に、このようにしてガス配管32に導かれたTEOS/O<sub>3</sub>の混合ガスはチャンバ26のガス導入口27を通過してチャンバ26内に導入される。その結果、ウエハ1上で反応が起こり、CVDSiO<sub>2</sub>膜4が形成され始める。この状態を所定時間保持し、ウエハ1上のA1配線3a~3cを被覆して膜厚約8000ÅのCVDSiO<sub>2</sub>膜（絶縁膜）4を形成する（図1（b））。

【0032】次に、ウエハ1をCVD装置のチャンバ26内から取出し、CVDSiO<sub>2</sub>膜4を改質するため、図8（a）に示す平行平板型のプラズマ処理装置のチャンバ12内のウエハ載置台16に載置する。

【0033】その後、ウエハ載置台16に内蔵されたヒータによりウエハ1を加熱し、ウエハ温度を約400℃に保持するとともに、排気口14からチャンバ12内を排気し、所定の圧力に達したら、ガス導入口13からアンモニアガスを導入し、チャンバ12内の圧力を約1 Torrに保持する。

【0034】次いで、RF電源18により、電極17とウエハ載置台16間に周波数13.56MHzの高周波電力約200Wを印加し、アンモニアガスをプラズマ化する。そして、この状態で1分間保持すると、CVDSiO<sub>2</sub>膜4の改質が終了する（図1（c）,（d））。

【0035】以上のようにして形成されたCVDSiO<sub>2</sub>膜4は、

①電気化学的方法による膜中の含有水分量の調査（図4（a）,（b）, 図5（c）参照）

②赤外吸収スペクトルによる膜の組成の調査（図6（a）,（b）, 図7（c）,（d）参照）

を行った結果によれば、プラズマ処理を行うことより、図4（a）,（b）, 図5（c）に示すように、処理しない場合と比較して含有水分量が約半分程度に減少し、図6（a）,（b）, 図7（c）に示すように、水分（H<sub>2</sub>O）の結合を示すピーク（膨らみ）が消失する。従って、CVDSiO<sub>2</sub>膜11aはより緻密になっていると考えられる。いま、このCVDSiO<sub>2</sub>膜4を大気中に一週間放置したが、CVDSiO<sub>2</sub>膜4中の含有水分量には変化がなかった。このことは、CVDSiO<sub>2</sub>膜4aの内部から水分の生成の原因になる要因が取り除かれており、かつCVDSiO<sub>2</sub>膜4の外部からの新たな水分の侵入が阻止されていることを示し、CVDSiO<sub>2</sub>膜11aがより緻密になっていることを示している。これは、プラズマ中の活性ラジカル粒子がCVDSiO<sub>2</sub>膜11の表面に衝突することにより、また放電によって発生する紫外光によりCVDSiO<sub>2</sub>膜11表面及び内部が照射を受けることにより、H<sub>2</sub>O等がCVDSiO<sub>2</sub>膜11の外に排出されるためと考えられる。

【0036】なお、図7(d)は、比較例として、上記と同じCVD $\text{SiO}_2$ 膜等についてアンモニアのプラズマガスの代わりに、酸素、窒素又はアルゴンのプラズマガスを用いて処理を行ったものであるが、プラズマ処理時間が長くなるに従い、 $\text{H}_2\text{O}$ の結合を示すピークが次第に小さくなっている。しかし、アンモニアのプラズマガスの場合と異なり、実験の範囲内ではプラズマ処理時間が最大の30分の場合にもそのピークが僅かに認められた。この結果により、アンモニアのプラズマガスの方が酸素、窒素又はアルゴンのプラズマガスよりも効果が大きいことが認められる。

【0037】以上のように、本発明の第1の実施例の層間絶縁膜の形成方法によれば、低温でCVD $\text{SiO}_2$ 膜4の形成を行っているので、A1配線3a~3cのヒロック等の発生を防止することができる。

【0038】また、プラズマ処理を行っているので、低温形成であるために形成時に多くの水分( $\text{H}_2\text{O}$ )や $\text{Si-OH}$ 、 $\text{Si-H}$ 等のような結合を含んでいるCVD $\text{SiO}_2$ 膜4aからこれらが除去され、CVD $\text{SiO}_2$ 膜4aが緻密化するので、CVD $\text{SiO}_2$ 膜4aの内部から水分の生成の原因になる要因が取り除かれるとともに、CVD $\text{SiO}_2$ 膜4aの外部からの水分等の浸入を防止することができる。

【0039】これにより、CVD $\text{SiO}_2$ 膜4a自体の絶縁耐圧の低下、後にCVD $\text{SiO}_2$ 膜4a上に形成される上部のA1配線と下部のA1配線3a~3cとの間のリーク電流の増大、A1配線3a~3c等のコロージョン等による信頼性の低下を防止することができる。

【0040】なお、第1の実施例では、CVD $\text{SiO}_2$ 膜4として $\text{TEOS-O}_2$ 混合ガス、温度：400℃の条件で形成されたものを用いているが、温度条件として350~450℃の範囲で形成することができる。また、反応ガス：シラン( $\text{SiH}_4$ )／酸素( $\text{O}_2$ )混合ガス、温度：350~450℃の条件で形成されたものを用いることもできる。

【0041】更に、プラズマ処理の際、ウェハ温度を400℃としているが、200~400℃の範囲でも可能である。また、プラズマ化のための高周波電力を200Wとしているが、100~300W程度でも可能である。

## ②本発明の製造方法の第2の実施例

図2(a)~(d)は、本発明の製造方法の第2の実施例の層間絶縁膜の形成方法を説明する断面図である。

【0042】第1の実施例と異なるところは、一度に所定の膜厚8000Åを形成するのではなくて、膜厚2000Å毎に本発明の製造方法を適用して最終的に所定の膜厚8000Åを形成するようにしたものである。

【0043】まず、図2(a)に示すように、Si基板(ウェハ：半導体基板)1上に熱酸化により $\text{SiO}_2$ 膜2を形成した後、A1配線3a~3cを形成する。なお、以上が被形成体を構成する。

【0044】次いで、図9のCVD装置を用い、 $\text{TEOS/O}_2$ の混合ガスにより、第1の実施例と同様にして膜厚約2000Åの第1のCVD膜 $\text{SiO}_2$ 膜(絶縁膜)5を形成する。

【0045】次いで、図8(a)のプラズマ処理装置を用いて第1のCVD膜 $\text{SiO}_2$ 膜5をウェハ温度約400℃の条件で、約1分間プラズマ化されたアンモニアガスに曝す。このとき、図4(a)、図5(c)、図6(a)、(b)、図7(c)、(d)(以下、図4(a)等と称す。)に示すように、第1のCVD膜 $\text{SiO}_2$ 膜5は膜厚が充分に薄いので、全膜厚にわたり膜質が改良される。

【0046】次に、図2(a)に示す工程と同様にして膜厚約2000Åの第2のCVD $\text{SiO}_2$ 膜(絶縁膜)6を形成し、プラズマ化されたアンモニアガスによりプラズマ処理する(図2(b))。このとき、図4(a)等に示すように、第2のCVD膜 $\text{SiO}_2$ 膜6も膜厚が充分に薄いので、全膜厚にわたり膜質が改良される。

【0047】次いで、上記と同様にして膜厚約2000Åの第3のCVD $\text{SiO}_2$ 膜(絶縁膜)7を形成し、プラズマ処理する(図2(c))。続いて、第4のCVD $\text{SiO}_2$ 膜(絶縁膜)8を形成し、プラズマ処理する(図2(d))。このとき、図4(a)等に示すように、第3及び第4のCVD膜 $\text{SiO}_2$ 膜7、8もそれぞれ膜厚が充分に薄いので、それぞれの全膜厚にわたり膜質が改良される。

【0048】以上のように、本発明の第2の実施例によれば、充分に薄い膜厚2000Å毎に本発明の製造方法を適用して最終的に所定の膜厚8000Åを形成しているため、第1の実施例と比較して、全体としてのCVD $\text{SiO}_2$ 膜5~8の膜質を一層改良することができる。

## 【0049】

【発明の効果】以上のように、本発明の半導体装置の製造方法によれば、低温で形成されたCVD $\text{SiO}_2$ 膜をアンモニアガスを用いてプラズマ処理することにより、CVD $\text{SiO}_2$ 膜の形成後に膜中に含まれていた $\text{H}_2\text{O}$ や $\text{Si-OH}$ 、 $\text{Si-H}$ 等のような結合を消失させ、CVD $\text{SiO}_2$ 膜をより緻密にすることができる。

【0050】これにより、CVD $\text{SiO}_2$ 膜自体の絶縁耐圧の低下、後にCVD $\text{SiO}_2$ 膜上に形成される上部のA1配線と下部のA1配線との間のリーク電流の増大、A1配線のコロージョン等による信頼性の低下を防止することができる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例の製造方法について説明する断面図である。

【図2】本発明の第2の実施例の製造方法について説明する断面図である。

【図3】本発明の製造方法の実験用試料断面図である。

【図4】本発明の製造方法により形成されたCVD $\text{SiO}_2$ 膜の含有水分量の調査結果についての比較説明図(その

1)である。

【図5】本発明の製造方法により形成されたCVD $\text{SiO}_2$ 膜の含有水分量の調査結果についての比較説明図(その2)である。

【図6】本発明の製造方法により形成されたCVD $\text{SiO}_2$ 膜の赤外吸収スペクトルの調査結果についての比較説明図(その1)である。

【図7】本発明の製造方法により形成されたCVD $\text{SiO}_2$ 膜の赤外吸収スペクトルの調査結果についての比較説明図(その2)である。

【図8】本発明の実施例に係るプラズマ処理装置の概略構成図である。

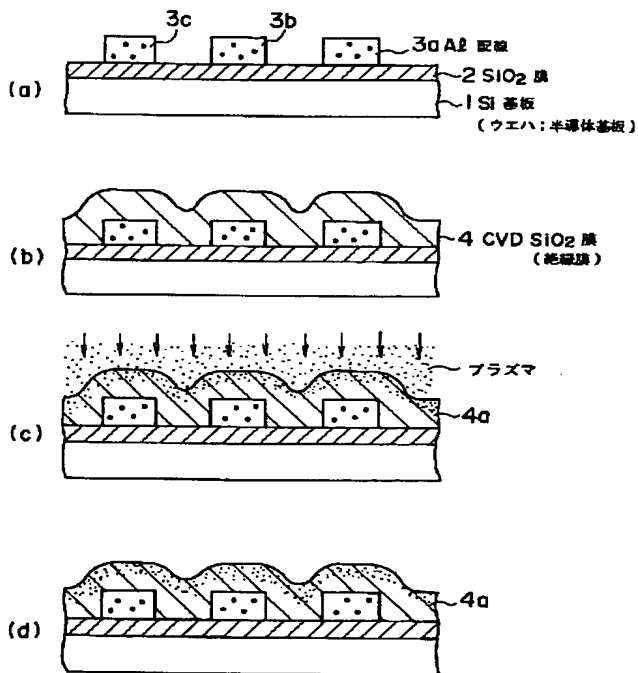
【図9】本発明の実施例に係るCVD膜形成装置の概略構成図である。

【符号の説明】

- 1, 9 Si基板(ウエハ; 半導体基板)、  
2, 10  $\text{SiO}_2$ 膜、  
3a~3c Al配線、

【図1】

本発明の第1の実施例の製造方法について説明する断面図



4, 4a, 11, 11a CVD $\text{SiO}_2$ 膜(絶縁膜)、

5 第1のCVD $\text{SiO}_2$ 膜(絶縁膜)、

6 第2のCVD $\text{SiO}_2$ 膜(絶縁膜)、

7 第3のCVD $\text{SiO}_2$ 膜(絶縁膜)、

8 第4のCVD $\text{SiO}_2$ 膜(絶縁膜)、

12, 19, 26 チャンバ、

13, 20, 27 ガス導入口、

14, 21, 28 排気口、

16, 30 ウエハ載置台(ヒータ)、

10 17, 23 電極、

18, 24 RF電源、

25, 34a~34c ヒータ、

31 ガスシャワー、

32a~32h ガス配管、

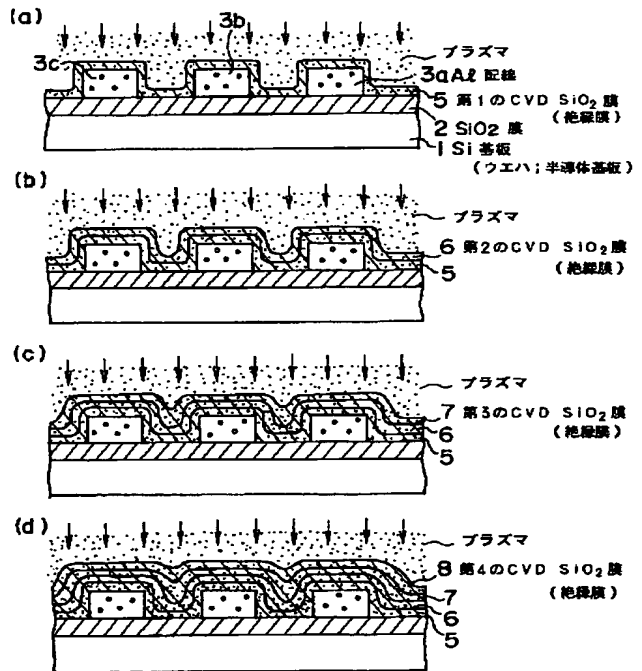
33 オゾン発生器、

35a~35h バルブ、

36a~36d マスフローコントローラ。

【図2】

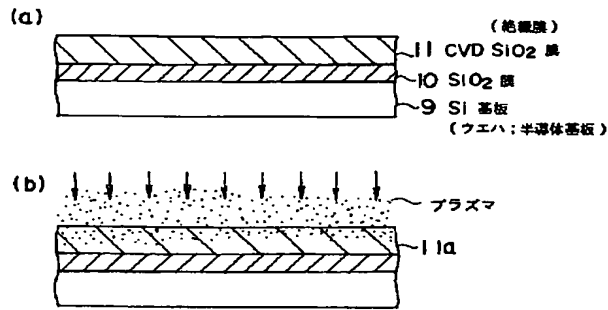
本発明の第2の実施例の製造方法について説明する断面図



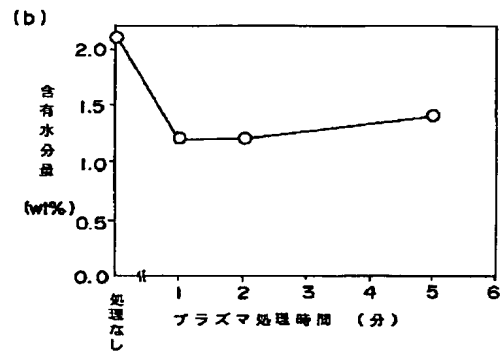
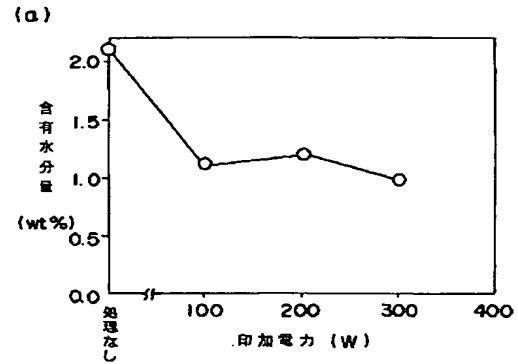


【図 3】

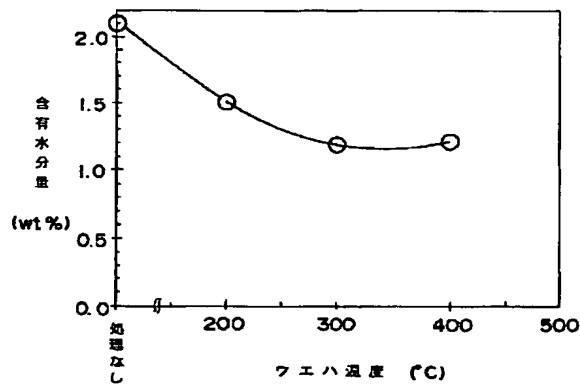
本発明の製造方法の実験用試料断面図



【図 4】

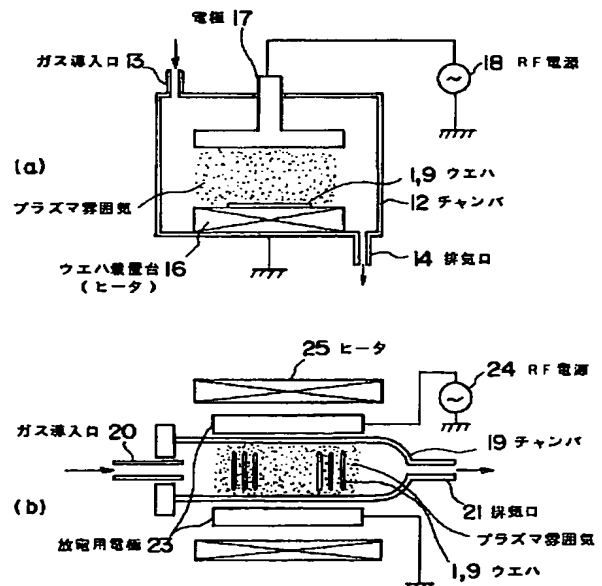
本発明の製造方法により形成された CVD SiO<sub>2</sub> 膜の含有水分量の調査結果についての比較説明図 (その 1)

【図 5】

本発明の製造方法により形成された CVD SiO<sub>2</sub> 膜の含有水分量の調査結果についての比較説明図 (その 2)

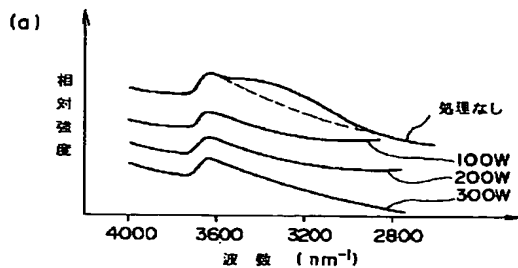
【図 8】

本発明の実施例に係るプラズマ処理装置の概略構成図



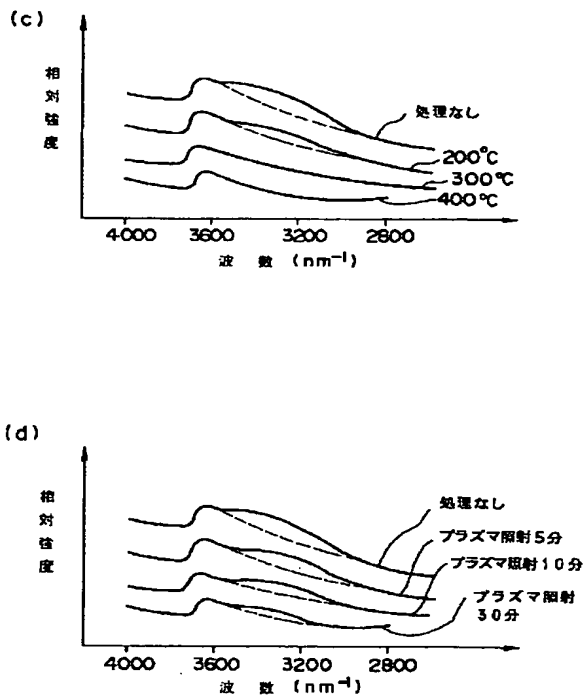
【図 6】

本発明の製造方法により形成された CVD SiO<sub>2</sub> 膜の赤外吸収スペクトルの調査結果についての比較説明図 (その 1)



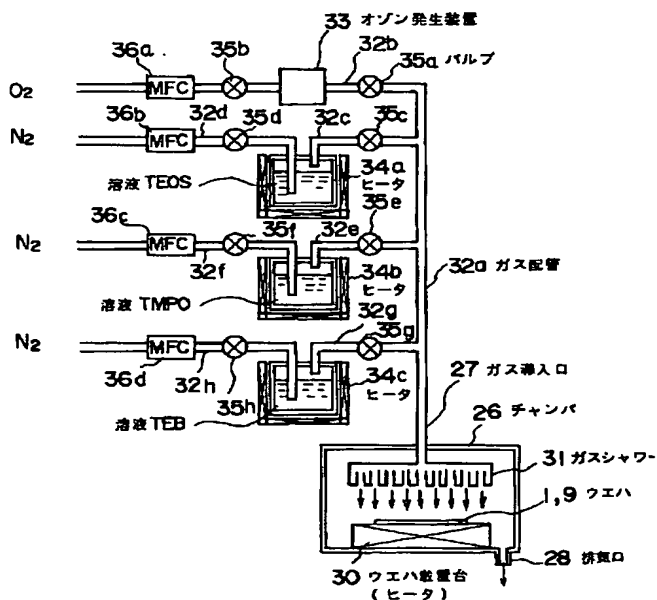
【図 7】

本発明の製造方法により形成された CVD SiO<sub>2</sub> 膜の赤外吸収スペクトルの調査結果についての比較説明図 (その 2)



【図 9】

本発明の実施例に係る CVD 膜形成装置の概略構成図



フロントページの続き

(72)発明者 徳増 徳  
東京都港区港南 2 - 13 - 29 株式会社半導  
体プロセス研究所内

(72)発明者 西本 裕子  
東京都港区港南 2 - 13 - 29 株式会社半導  
体プロセス研究所内